

MAGNETORESISTANCE SENSOR, MAGNETIC HEAD AND MAGNETIC MEMORY EMPLOYING THE SENSOR

Patent Number: JP6104505

Publication date: 1994-04-15

Inventor(s): HOSOE YUZURU; others: 04

Applicant(s): HITACHI LTD

Requested Patent: JP6104505

Application Number: JP19920251330 19920921

Priority Number(s):

IPC Classification: H01L43/08; G01R33/06; G11B5/39; G11B5/82; G11B11/10, H01F10/14

EC Classification:

Equivalents

Abstract

PURPOSE: To provide a magnetoresistance sensor in which lowering of magnetic field sensitivity due to conduction of high detecting current is suppressed while retarding fracture of magnetosensitivity part.

CONSTITUTION: A protective layer 3 is provided on a magnetoresistive conductive layer 2 oppositely to a base material 1. A bias layer 5 for producing a bias field in the magnetoresistive conductive layer 2 and a pair of electrodes 6 for feeding current to a magnetosensitive part 4 of the magnetoresistive conductive layer 2 are then provided sequentially on the protective layer 3. The protective layer 3 is composed of a compound of at least one kind of element selected from a first group of titanium, vanadium, chrome, zirconium, molybdenum, niobium, hafnium, tantalum, and tungsten, and at least one kind of element selected from a second group of nitrogen, carbon, boron, and silicon.

Data supplied from the esp@cenet database -I2

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-104505

(43) 公開日 平成6年(1994)4月15日

(51) Int.Cl. ⁵	識別記号	序内整理番号	F 1	技術表示箇所
H 01 L 43/08	Z 9274-4M			
G 01 R 33/06	R 8203-2G			
G 11 B 5/39				
5/82	7303-5D			
11/10	9075-5D			

審査請求 未請求 請求項の数14(全 8 頁) 最終頁に統く

(21) 出願番号	特願平4-251330	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
(22) 出願日	平成4年(1992)9月21日	(72) 発明者	細江 譲 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	小山 直樹 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(72) 発明者	日野出 喜治 東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地 株式会社日立製作所中央研究所内
		(74) 代理人	弁理士 有近 純志郎
			最終頁に統く

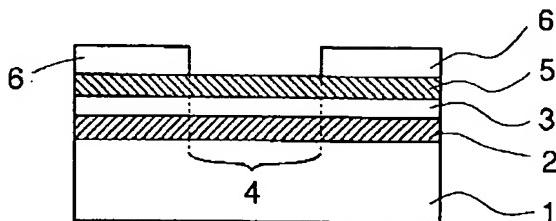
(54) 【発明の名称】 磁気抵抗センサおよびそれを用いた磁気ヘッドおよび磁気記憶装置

(57) 【要約】

【目的】 検出電流を大きくした場合の通電に伴う磁界感度の低下が小さく、感磁部の破断も生じにくい磁気抵抗センサを提供する。

【構成】 磁気抵抗性導電層2の基体1とは反対側の面に接して保護層3を設ける。保護層3の上に、磁気抵抗性導電層2にバイアス磁界を発生させるバイアス層5と、磁気抵抗性導電層2の感磁部4に電流を供給するための一対の電極6を順に設ける。保護層3はチタン、バナジウム、クロム、ジルコニウム、モリブデン、ニオブ、ハフニウム、タンタルおよびタングステンから成る第1群より選ばれた少なくとも1種の元素と、窒素、炭素、硼素および珪素から成る第2群より選ばれた少なくとも1種の元素との化合物とする。

(図1)



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基体上に形成された磁気抵抗性導電層と、その磁気抵抗性導電層の少なくとも一部分でバイアス磁界を発生させる、前記基体上に形成されたバイアス層と有する磁気抵抗センサにおいて、
前記磁気抵抗性導電層に隣接してその磁気抵抗性導電層を保護する保護層が形成されており、且つその保護層が、通電に伴ってその磁気抵抗性導電層に生じるエレクトロマイグレーション現象を抑制する機能を持つ物質より形成されていることを特徴とする磁気抵抗センサ。

【請求項2】 前記保護層が、チタン、バナジウム、クロム、ジルコニウム、モリブデン、ニオブ、ハフニウム、タンタルおよびタングステンから成る第1群より選ばれた少なくとも1種の元素と、窒素、炭素、硼素および珪素から成る第2群より選ばれた少なくとも1種の元素との化合物から成っている請求項1に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項3】 前記保護層が、前記第1群の元素同士の合金と、前記第2群より選ばれた少なくとも1種の元素との化合物から成っている請求項2に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項4】 前記保護層が、前記磁気抵抗性導電層の前記基体とは反対側の面に接触して形成されている請求項1～3のいずれかに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項5】 前記保護層が、前記磁気抵抗性導電層と前記バイアス層とを磁気的に隔離する機能を有している請求項1～4のいずれかに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項6】 前記保護層を介して前記磁気抵抗性導電層と前記バイアス層との間に作用する磁気的相互作用を抑制するための非磁性スペーサ層を備えている請求項1～5のいずれかに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項7】 前記非磁性スペーサ層が、前記保護層と前記バイアス層との間に配置されている請求項6に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項8】 前記非磁性スペーサ層が、前記磁気抵抗性導電層と前記保護層との間に配置されている請求項6に記載の磁気抵抗センサ。

【請求項9】 前記バイアス層が、前記保護層に接触して形成された軟磁性層である請求項1～8のいずれかに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項10】 前記バイアス層が、前記保護層に接触して形成された永久磁石層である請求項1～8のいずれかに記載の磁気抵抗センサ。

【請求項11】 情報再生用として請求項1～10のいずれかに記載の磁気抵抗センサを備えていることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項12】 請求項11に記載の磁気ヘッドを備えていることを特徴とする磁気記憶装置。

【請求項13】 情報記録密度が1平方インチ当たり600メガビット以上で、平均故障間隔が15万時間以上

50

2

である請求項12に記載の磁気記憶装置。

【請求項14】 情報記録密度が1平方インチ当たり300メガビット以上で、平均故障間隔が30万時間以上である請求項12に記載の磁気記憶装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、磁気ディスク装置、磁気テープ装置あるいはフロッピーディスク装置などの磁気記憶装置の磁気ヘッドとして好適に用いられる磁気抵抗センサ、およびその磁気抵抗センサを用いた磁気ヘッドおよび磁気記憶装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、情報化社会の進行と共に日常的に扱う情報量は増加の一途をたどっており、これに伴って、より高い記録密度とより高い記憶容量を持つ磁気記憶装置が要求されて来ている。

【0003】 代表的な磁気記憶装置である磁気ディスク装置では、記録密度を高くしていった場合、一般に、従来の電磁誘導型磁気ヘッドでは再生出力が低下し、磁気ディスクに記録した情報の再生が困難になる。このため、例えば特開昭51-44917号公報に記載されているように、記録用磁気ヘッドと再生用磁気ヘッドを別構成とし、再生用として磁気抵抗効果を利用する磁気ヘッド（いわゆる磁気抵抗型ヘッド）を用いることが提案されている。磁気抵抗型ヘッドは、電磁誘導型ヘッドに比べて、記録密度を高くした場合にも比較的高い再生出力が得られる利点がある。磁気抵抗型ヘッドに用いられる素子は、「磁気抵抗センサ」と呼ばれる磁気-電気変換器である。

【0004】 「磁気抵抗センサ」は、セラミックなどからなる基体と、その基体上に形成された磁気抵抗効果を示す強磁性材料の薄膜、すなわち磁気抵抗性導電層とを備えて構成され、その磁気抵抗性導電層に感磁部が形成される。磁界を検出する際には、この感磁部に検出電流を流しておき、検出すべき外部磁界によって感磁部の電気抵抗値が変化することを利用して、その電気抵抗値の変化を感磁部の両端の電圧変化として取り出す。

【0005】 すでに知られているように、磁気抵抗センサを最適に動作させるためには、外部磁界に対する応答が直線的になるように、感磁部にバイアス磁界を印加する必要がある。このバイアス磁界の方向は一般に、感磁部の磁気抵抗性導電層に平行で且つ検出電流の方向に垂直な方向である。このようなバイアス磁界を印加する有効な方法として、米国特許第3,864,751号明細書に開示されているように、非磁性スペーサ層によって磁界検出部と隔壁で配置された軟磁性層からの漏洩磁界を利用する「軟磁性層バイアス法」がある。

【0006】 米国特許第4,663,685号明細書には、非磁性スペーサ層に好適な材料としてタンタルが開示されている。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】ところで、電磁誘導型磁気ヘッドに比べて高い再生出力の得られる磁気抵抗型ヘッドにおいても、今後の急速な記録密度の高度化に対応するには、いっそうの高出力化が必要と考えられる。

【0008】磁気抵抗型ヘッドでは、感磁部に流す検出電流を大きくすることにより、再生出力を大きくすることができます。しかし、検出電流をあまり大きくすると感磁部が直ちに破断してしまう。また、通電直後には磁界検出部が破断しない程度の検出電流でも、通電開始から破断に至るまでの時間が短くなる、あるいは、通電時間の増加に伴って磁界感度が低下するなど、磁気抵抗ヘッドの寿命に悪影響を及ぼす。したがって、従来の磁気抵抗型ヘッドでは、今後の急速な記録密度の高度化に対応できるように検出電流を増加することはできないという問題がある。

【0009】そこで、この発明の目的は、検出電流を大きくしても、通電時間の増加に伴って磁界感度が低下し難く且つ感磁部が破断する恐れが少ない磁気抵抗センサを提供することにある。

【0010】この発明の他の目的は、従来より高い再生出力が得られ、例えば1平方インチ当たり600メガビット程度の高密度で記録された情報を感度良く再生することができる磁気ヘッドを提供することにある。

【0011】この発明のさらに他の目的は、高い信頼性をもって、例えば1平方インチ当たり600メガビット程度の高密度で情報の記録・再生が可能な磁気記憶装置を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】

(1) この発明の磁気抵抗センサは、基体上に形成された磁気抵抗性導電層と、その磁気抵抗性導電層の少なくとも一部分でバイアス磁界を発生させる、前記基体上に形成されたバイアス層とを有する磁気抵抗センサにおいて、前記磁気抵抗性導電層に隣接してその磁気抵抗性導電層を保護する保護層が形成されており、且つその保護層が、通電に伴ってその磁気抵抗性導電層に生じるエレクトロマイグレーション現象を抑制する機能を持つ物質より形成されていることを特徴とする。

【0013】前記保護層は、通電に伴ってその磁気抵抗性導電層に生じるエレクトロマイグレーション現象を抑制する機能を持つ物質であればよい。具体的には、チタン、バナジウム、クロム、ジルコニウム、モリブデン、ニオブ、ハフニウム、タンタルおよびタンクスチルから成る第1群より選ばれた少なくとも1種の元素と、窒素、炭素、硼素および珪素から成る第2群より選ばれた少なくとも1種の元素との化合物が挙げられる。

【0014】前記保護層の材質は、チタン、バナジウムなどの前記第1群の少なくとも1種の単体元素と前記第2群の少なくとも1種の単体元素との化合物、すなわ

ち、前記第1群の少なくとも1種の単体元素の窒化物、炭化物、硼化物あるいは珪化物などとすればよい。しかし、前記第1群の元素については、例えばニオブとタンタル、ニオブとジルコニウム、ニオブとタンクスチル、バナジウムとクロム、バナジウムとジルコニウム、タンクスチルとクロム、チタンとタンタルなど、前記第1群の2種あるいは3種以上の元素同士からなる合金を用いてもよい。

【0015】前記第2群の元素についても同様であり、前記第2群の単体元素であってもよいし、前記第2群の2種あるいは3種以上の元素同士からなる化合物であってもよい。

【0016】前記保護層を、前記第1群の元素同士の合金、例えばZrNb、TiV、TaCr、WNbあるいはWMoと、前記第2群の少なくとも1種の元素との化合物により形成した場合、これら合金は比抵抗が高く、検出電流の前記保護層あるいはバイアス層への分流が低く抑えられる結果、電流効率が高くなる利点が得られる。

【0017】前記保護層は、この発明の効果を得るには、前記磁気抵抗性導電層に接触して形成されるのが好ましい。この場合、前記保護層を、前記磁気抵抗性導電層の前記基体とは反対側の面に接触して配置するのがよい。

【0018】また、前記保護層は、前記磁気抵抗性導電層と前記バイアス層とを磁気的に隔離する機能を有しているのが好ましい。こうすると、この機能を持つ層を別個に設ける必要がなくなる利点がある。

【0019】しかし、前記保護層を介して前記磁気抵抗性導電層と前記バイアス層との間に作用する磁気的相互作用を抑制するための非磁性スペーサ層を別個に設けてもよい。こうすると、前記保護層にピンホールが生じても、そのピンホールを介して前記磁気抵抗性導電層と前記バイアス層との間に生じる磁気的相互作用が抑制または完全に除去されるので、良好なバイアス特性が得られる。

【0020】前記非磁性スペーサ層は、前記保護層と前記バイアス層との間に配置してもよいし、前記磁気抵抗性導電層と前記保護層との間に配置してもよい。

【0021】前記基体は、ZrO₂、Al₂O₃-TiCなどの非磁性セラミック材料などから形成することができ、その構成および材料は特に限定されない。

【0022】前記磁気抵抗性導電層は、磁気抵抗効果を示す導電層であれば特に限定されず、例えばNi-Fe合金、NiFeCo合金が使用できる。

【0023】前記バイアス層は、前記磁気抵抗性導電層の少なくとも一部でバイアス磁界を発生する層であれば特に限定されない。先に述べた従来の「軟磁性膜バイアス法」を利用するNiFeNbなどの軟磁性薄膜でもよいし、Co₇₀C₂₀Pt₁₀などの永久磁石薄膜でもよ

い。

【0024】(2) この発明の磁気ヘッドは、情報再生用として上記(1)の磁気抵抗センサを備えていることを特徴とするものである。

【0025】(3) この発明の磁気記憶装置は、上記(2)の磁気ヘッドを備えていることを特徴とするものである。

【0026】この磁気記憶装置では、情報記録密度を1平方インチ当たり600メガビット以上とする場合は、平均故障間隔が15万時間以上、情報記録密度を1平方インチ当たり300メガビット以上とする場合は、平均故障間隔が30万時間以上となる。

【0027】

【作用】この発明の磁気抵抗センサにおいて、前記保護層によって前記磁気抵抗性導電層の感磁部の磁界感度の低下が抑制される機構は次のように推定される。

【0028】すなわち、検出電流を大きくした場合に感磁部が破断に至るまでの時間が短くなるのは、感磁部を構成する物質の原子が電子の流れに伴って移動して生じる「エレクトロマイグレーション」現象が、電流値の増加に伴って加速されるためである。この発明のように、磁気抵抗性導電層に接触してあるいはスペーサ層を介して保護層を形成すると、この原子の移動が抑制されるため、エレクトロマイグレーション現象が発生し難くなるというものである。

【0029】一般に、磁気抵抗性導電層はバイアス層よりも電流密度が大きいから、保護層を設けることにより、磁気抵抗性導電層のエレクトロマイグレーション現象を効果的に抑制することができると考えられる。

【0030】また、このようにしてエレクトロマイグレーション現象が抑制されたため、長時間通電しても感磁部が破断し難くなる。

【0031】この発明の磁気ヘッドでは、このような磁気抵抗センサを用いるため、検出電流を大きくすることによって高い再生出力を得ることができる。

【0032】この発明の磁気記憶装置では、このような磁気ヘッドを用いるので、例えば1平方インチ当たり600メガビット程度の高密度で情報の記録・再生が可能となる。また、磁気記録媒体の表面からの磁気ヘッド浮上量を高く設定できるため、1平方インチ当たり600メガビットの高密度で、15万時間以上の平均故障間隔(Mean Time Between Failure: MTBF)を実現することができる。記録密度を1平方インチ当たり300メガビットとした場合には、30万時間以上の平均故障間隔を実現することができる。

【0033】

【実施例】以下、この発明の実施例を添付図面を参照しながら説明する。

【0034】[第1実施例] 図1はこの発明の第1実施例の磁気抵抗センサを示す。この磁気抵抗センサでは、

10

20

30

40

50

60

70

80

50

A₁₂O₅-TiCからなる板状の基体1上に、Ni-Fe合金薄膜(厚さ30nm)からなる磁気抵抗効果を生じる磁気抵抗性導電層2が形成しており、その磁気抵抗性導電層2上には、Zr-N化合物薄膜(厚さ20nm)からなる保護層3が形成している。その保護層3上には、磁気抵抗性導電層2の感磁部4に対してバイアス磁界を発生する、NiFeNb軟磁性薄膜(厚さ40nm)からなるバイアス層5が形成している。そのバイアス層5上には、Cu薄膜(厚さ100nm)からなる一对の電極6が形成しており、それら一对の電極6の間に感磁部4として設定している。検出電流は、一对の電極6よりバイアス層5および保護層3を介して磁気抵抗性導電層2に供給される。磁気抵抗性導電層2からの出力信号は、保護層3およびバイアス層5を介して一对の電極6より外部に取り出される。

【0035】この実施例では、保護層3を磁気抵抗性導電層2の基体1とは反対側の面に接触して設けているため、磁気抵抗性導電層2のエレクトロマイグレーション現象を効果的に抑制することができる。

【0036】Zr-N化合物薄膜からなる保護層3は、磁気抵抗性導電層2の保護だけでなく、磁気抵抗性導電層2とバイアス層5を磁気的に隔離するための非磁性スペーサ層としての役割も果たすものである。したがって、この実施例では、非磁性スペーサ層を別個に設ける必要がない利点がある。

【0037】以上の構成を持つ磁気抵抗センサは次のようにして製造される。まず、A₁₂O₅-TiCの基体1の上に、DCマグネトロンスパッタ法により、磁気抵抗性導電層2としての厚さ30nmのNi-Fe合金薄膜を形成する。次に、Arスパッタガス中に窒素ガスを50%導入し、反応性スパッタ法により、保護層3としての厚さ20nmのZr-N化合物薄膜をNi-Fe合金薄膜の上に形成する。続いて、DCマグネトロンスパッタ法により、Zr-N化合物薄膜の上に、バイアス層5としての厚さ40nmのNiFeNb軟磁性薄膜、および一对の電極6としての厚さ100nmのCu薄膜を順に形成する。こうして図1の磁気抵抗センサが得られる。

【0038】以上の構成を持つ磁気抵抗センサを実際に製作し、一对の電極6よりこれに通電して、このセンサの電流密度に対する磁界感度(単位磁界当たりの抵抗変化率)の変化を測定した。また、比較例として、この実施例のZr-N化合物に代えて、保護層5を非磁性スペーサ層として好適な公知のタンタルにより形成した磁気抵抗センサを実際に製作し、同じ条件で電流密度に対する磁界感度の変化を測定した。その結果を図2に示す。図2において、曲線7はこの発明のセンサのものであり、曲線8は比較例のセンサのものである。

【0039】図2より、この発明の磁気抵抗センサでは、比較例の磁気抵抗センサに比べて、高い電流密度ま

で磁界感度が低下しておらず、したがって、磁界感度を低下させずに比較例の約2倍の大きな電流を流すことが可能であることが分かる。この結果から、保護層3で磁気抵抗性導電層2の片面を覆うことにより、通電に伴う磁界感度の低下を抑制できることが理解される。

【0040】なお、バイアス層5として、NiFeNb軟磁性薄膜に代えて $\text{Co}_{70}\text{Cr}_{10}\text{Pt}_{20}$ からなる永久磁石膜を形成し、その他は上記と同じ構成とした磁気抵抗センサを製作した。そして、電流密度に対する磁界感度を測定したところ、上記と同じ結果が得られた。

【0041】【第2実施例】図3はこの発明の第2実施例の磁気抵抗センサを示す。第2実施例は、第1実施例における次のような難点を解決するものである。

【0042】第1実施例では、 $Zr-N$ 化合物薄膜からなる保護層3が、磁気抵抗性導電層2とバイアス層5を磁的に隔離する非磁性スペーサ層の役割も果たしている。しかし、非磁性スペーサ層としての $Zr-N$ 化合物薄膜には、タンタル等の金属製薄膜に比べてピンホール欠陥が生じやすいという難点がある。ピンホール欠陥が発生すると、 $Zr-N$ 化合物薄膜のピンホールを介して磁気抵抗性導電層2とバイアス層5とが直接的に磁気的結合するため、良好なバイアス特性が得られなくなる。この現象は、 $Zr-N$ 化合物薄膜の厚さが20nm以下の場合に特に顕著になる。この第2実施例によれば、この問題は解決される。

【0043】第2実施例の磁気抵抗センサでは、図3に示すように、 ZrO_2 からなる基体1の上に直接、Cu薄膜(厚さ40nm)からなる一対の電極6が形成しており、それら一対の電極6の間が感磁部4としてある。一対の電極6の上には、NiFeCo合金層(厚さ1.5nm)とCu層(厚さ2nm)を交互にそれぞれ30層積層して構成した磁性人工格子薄膜からなる磁気抵抗性導電層2と、第1実施例と同じ $Zr-N$ 化合物薄膜(厚さ10nm)からなる保護層3と、タンタル薄膜(厚さ5nm)からなる非磁性スペーサ層9と、第1実施例と同じNiFeNb軟磁性薄膜(厚さ40nm)からなる磁性膜バイアス層5とが順に形成してある。

【0044】このような構成を持つ磁気抵抗センサは、第1実施例とほぼ同様にして製造される。まず、基体1の上に、DCマグネットロンスパッタ法により、一対の電極6として厚さ40nmのCu薄膜を形成し、その上に、厚さ1.5nmのNiFeCo合金層と厚さ2nmのCu層を交互にそれぞれ30層配置してなる磁性人工格子膜を形成し、磁気抵抗性導電層2とする。

【0045】次に、第1実施例と同じ条件の反応性スパッタ法により、磁気抵抗性導電層2の上に、保護層3としての厚さ10nmの $Zr-N$ 化合物薄膜を形成する。その後、DCマグネットロンスパッタ法により、その $Zr-N$ 化合物薄膜の上に非磁性スペーサ層9としての厚さ5nmのタンタル薄膜を形成し、さらにその上に、軟磁

性膜バイアス層5としての厚さ40nmのNiFeNb軟磁性薄膜を形成する。こうして図3の磁気抵抗センサが得られる。

【0046】この磁気抵抗センサを実際に製作し、第1実施例と同様にして電流密度の増加に対する磁界感度の変化を測定した。また、比較例として、この実施例の $Zr-N$ 化合物薄膜よりなる保護層3とタンタル薄膜よりなる非磁性スペーサ層9とに代えて、タンタル薄膜(厚さ15nm)を非磁性スペーサ層として形成した磁気抵抗センサを実際に製作し、同じ条件で電流密度に対する磁界感度の変化を測定した。

【0047】その結果、この第2実施例の磁気抵抗センサでは、比較例の磁気抵抗センサに比べて、磁界感度が低下しない範囲で約1.8倍の大きな電流を流すことが可能であった。また、タンタルの非磁性スペーサ層9を設けているため、 $Zr-N$ 化合物薄膜よりなる保護層3の厚さを10nmと薄くしたにもかかわらず、ピンホール欠陥に起因するバイアス特性の劣化は見られなかった。

【0048】なお、バイアス層5として、NiFeNb軟磁性薄膜に代えて $\text{Co}_{70}\text{Cr}_{10}\text{Pt}_{20}$ 永久磁石膜を形成し、その他は上記と同じ構成とした磁気抵抗センサを製作して、電流密度に対する磁界感度を測定したところ、上記と同じ結果が得られた。

【0049】【第3実施例】図4はこの発明の第3実施例の磁気抵抗センサを示す。第3実施例は、第2実施例における保護層3と非磁性スペーサ層9の位置を入れ替えたものに相当する。この第3実施例においても、第2実施例の磁気抵抗センサと同じ結果が得られた。

【0050】また、バイアス層5として、NiFeNb軟磁性薄膜に代えて $\text{Co}_{70}\text{Cr}_{10}\text{Pt}_{20}$ 永久磁石膜を形成し、その他は上記と同じ構成とした磁気抵抗センサを製作して、電流密度に対する磁界感度を測定したところ、同じ結果が得られた。

【0051】【第4実施例】図5は、この発明の磁気ヘッドの1実施例を示す。この磁気ヘッドは、上記第1実施例の磁気抵抗センサを用いて構成しており、この磁気抵抗センサを情報再生用として用い、情報記録用として電磁誘導型ヘッドを別個に設けたいわゆる録再分離型ヘッドとしている。

【0052】図5において、スライダ用基体17は、 $\text{Al}_2\text{O}_3-\text{TiC}$ を主成分とする焼結体から形成してある。スライダ用基体17の上には、厚さ1μmのNiFe合金膜からなる一対の磁気シールド層12、13が形成しており、それら磁気シールド層12、13の間に磁気抵抗センサ11が配置してある。磁気抵抗センサ11には、一対の電極6を通じて電流が供給される。磁気シールド層13の基体17と反対側には、磁気シールド層13に近接して厚さ3μmのNiFe合金膜からなる一対の記録磁極15、16が形成しており、それら記録磁

極15、16の間には厚さ3μmのCu薄膜からなるコイル14が配置してある。

【0053】一対の磁気シールド層12、13と磁気抵抗センサ11との間には、それぞれ厚さ0.2μmのAl₂O₃のギャップ層(図示省略)が形成してあり、一対の記録磁極15、16の間には、厚さ0.4μmのAl₂O₃のギャップ層(図示省略)が形成してある。また、磁気シールド層13と記録磁極15との間には、厚さ約4μmのAl₂O₃のギャップ層(図示省略)が形成してあり、このギャップ層により再生ヘッド部と記録ヘッド部との間隔を約4μmに設定している。

【0054】上記第1実施例の磁気抵抗センサ11は、一対の磁気シールド層12、13で挟まれた部分が再生ヘッド部を構成し、コイル14とそのコイル14を挟む一対の記録磁極15、16が記録ヘッド部を構成する。

【0055】以上の構成を持つ磁気ヘッドは、磁気シールド層12、13および記録磁極15、16を構成するNiFe合金膜、コイル14を構成するCu薄膜およびギャップ層を構成するAl₂O₃膜を公知のスパッタ法を用いて形成することにより、容易に製作することができる。

【0056】この磁気ヘッドを実際に製作し、磁気抵抗センサ11に通電して電流密度に対する磁界感度の変化を調べた。また、第1実施例で比較例として製作した磁気抵抗センサ、すなわち保護層5としてのZr-N化合物薄膜に代えてタンタル層を設けたものを用いて、これと同一構成の磁気ヘッドを実際に製作し、同じ条件で電流密度に対する磁界感度の変化を測定した。

【0057】その結果、第1実施例の磁気抵抗センサ11を用いたこの発明の磁気ヘッドでは、比較例の磁気抵抗センサを用いた磁気ヘッドに比べて、磁界感度が低下しない範囲で約1.5倍大きな電流を流すことが可能であった。これは、再生ヘッド部の磁気抵抗センサ11に供給する検出電流を5割ほど大きな値に設定できることを意味する。

【0058】そこで、記録層としてCoCrPt薄膜を備えたディスク状磁気記録媒体に対して、1平方インチ当たり600メガビットの高密度で情報の記録・再生を行なったところ、比較例の磁気抵抗センサを用いた磁気ヘッドに比べて約5割大きな再生出力が得られた。

【0059】【第5実施例】図6は、この発明の磁気記憶装置の1実施例を示す。この磁気記憶装置は、CoCrTa、CoCrPtなどの強磁性薄膜からなる記録膜を持つディスク状磁気記録媒体18を備えている。これら磁気記録媒体18は、駆動部19によって回転駆動される。磁気ヘッド20としては、上記第4実施例の録再分離型磁気ヘッドを用いている。磁気ヘッド20の数は、磁気記録媒体18の数に応じて設定される。例えば磁気記録媒体18が1~9枚収容されている場合は、例えば2~18個の磁気ヘッド20が組み込まれる。磁気

ヘッド20は、駆動手段21によって駆動・制御される。なお22は記録・再生信号処理系である。

【0060】以上の構成を持つ磁気記憶装置を実際に製作し、磁気記録媒体18に対して情報の記憶・再生を行なって情報記憶容量を調査した。併せて、上記第4実施例で述べた比較例の磁気ヘッドを用いて磁気記憶装置を実際に製作し、同様の調査を行なった。その結果、この発明の情報記憶装置では、比較例の情報記憶装置に比べて1.4倍以上情報記憶容量が得られることが分かった。

【0061】また、磁気記録媒体18として、非磁性Cr合金薄膜(厚さ5nm)を間に挟んで2枚のCoCrPt磁性薄膜(厚さ10nm)を積層してなる3層構造の記録膜を持つものを用い、磁気ヘッド20の磁気記録媒体18表面からの浮上量を80nmに設定すると、1平方インチ当たり600メガビットの高密度で且つ高い信頼性をもって情報を記録・再生することができた。しかも、磁気記憶装置の寿命が伸び、15万時間の平均故障間隔(MTBF)が達成された。

【0062】これと同じ3層構造の記録膜を持つ磁気記録媒体18を用い、情報記録密度を1平方インチ当たり300メガビットに設定した場合、磁気ヘッド20の浮上量を110nmに設定して記録・再生することができ、30万時間の平均故障間隔が達成できた。

【0063】

【発明の効果】以上説明したように、この発明の磁気抵抗センサによれば、検出電流を大きくしても、通電時間の増加に伴って磁界感度が低下し難く、また感磁部の破断も生じ難い。このため、従来の磁気抵抗センサに比べて、寿命を短くすることなく検出電流を大きくすることができます。

【0064】この発明の磁気ヘッドによれば、従来より高い再生出力が得られ、例えば1平方インチ当たり600メガビット程度の高密度で記録された情報を感度良く再生することが可能である。

【0065】この発明の磁気記憶装置によれば、高い信頼性をもって、例えば1平方インチ当たり600メガビット程度の高密度で情報の記録・再生が可能であり、しかもその場合に例えば平均故障間隔が15万時間以上という長寿命が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の磁気抵抗センサの第1実施例の部分断面図である。

【図2】上記第1実施例の磁気抵抗センサの電流密度に対する磁界感度の変化を示すグラフである。

【図3】この発明の磁気抵抗センサの第2実施例の部分断面図である。

【図4】この発明の磁気抵抗センサの第3実施例の部分断面図である。

【図5】この発明の磁気ヘッドの1実施例の要部斜視図

11

12

である。

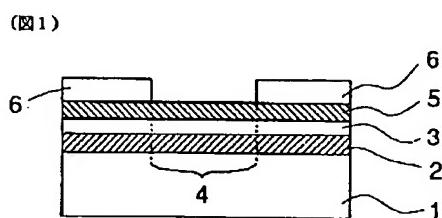
【図6】(a)はこの発明の磁気記憶装置の1実施例の概略平面図、(b)はそのA-A'線に沿った断面図である。

【符号の説明】

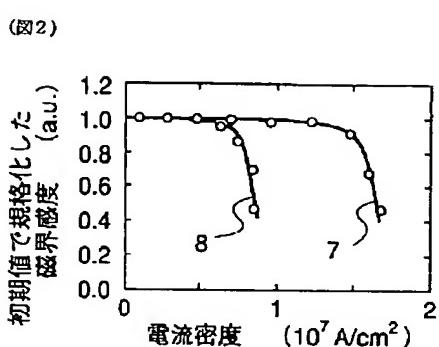
- 1 基体
- 2 磁気抵抗性導電層
- 3 保護層
- 4 磁気抵抗性導電層の感磁部
- 5 バイアス層
- 6 電極
- 9 非磁性スペーサ層

- 11 磁気抵抗センサ
- 12 磁気シールド層
- 13 磁気シールド層
- 14 コイル
- 15 記録磁極
- 16 記録磁極
- 17 スライダ用基体
- 18 磁気記録媒体
- 19 磁気記録媒体駆動部
- 20 磁気ヘッド
- 21 磁気ヘッド駆動部
- 22 記録・再生信号処理系

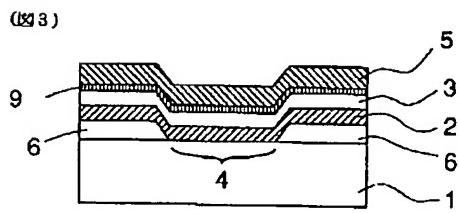
【図1】



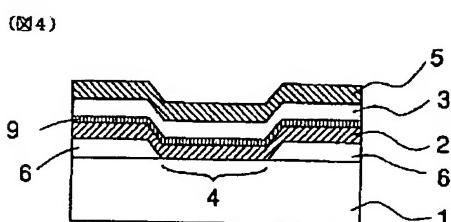
【図2】



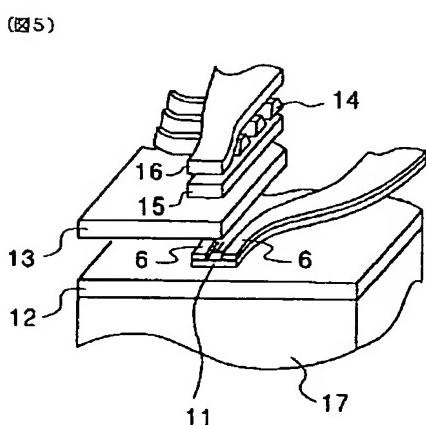
【図3】



【図4】

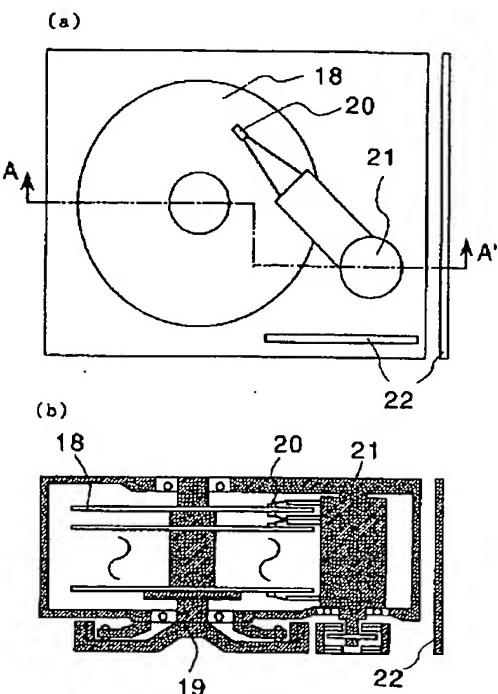


【図5】



【図6】

(図6)



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 5
H 01 F 10/14

識別記号 庁内整理番号 F I

技術表示箇所

(72) 発明者 古澤 健志
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内(72) 発明者 城石 芳博
東京都国分寺市東恋ヶ窪1丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

Machine Translation of JP 6-104505

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention] [0001] [Industrial Application] This invention relates to the magnetic-reluctance sensor suitably used as the magnetic head of magnetic storage, such as a magnetic disk unit, a magnetic tape unit, or a floppy disk drive unit, the magnetic head using the magnetic-reluctance sensor, and magnetic storage. [0002] [Description of the Prior Art] In recent years, the increase of the amount of information daily treated with advance of an information society is being enhanced, and magnetic storage with higher recording density and higher storage capacity has been required in connection with this. [0003] At the magnetic disk unit which is typical magnetic storage, when recording density is made high, generally, by the conventional electromagnetic-induction type magnetic head, a reproduction output declines and reproduction of the information recorded on the magnetic disk becomes difficult. For this reason, the magnetic head for record and the magnetic head for reproduction are considered as another composition, and using the magnetic head (the so-called magnetic-reluctance type head) which uses the magnetoresistance effect as an object for reproduction is proposed as indicated by JP,51-44917,A, for example. Compared with an electromagnetic-induction type head, a magnetic-reluctance type head has the advantage from which a comparatively high reproduction output is obtained, when recording density is made high. The element used for a magnetic-reluctance type head is a magnetic-electric transducer called "magnetic-reluctance sensor." [0004] A "magnetic-reluctance sensor" is equipped with the base which consists of a ceramic etc., and the thin film, i.e., the magnetic-reluctance nature conductive layer, of a ferromagnetic material which shows the magnetoresistance effect formed on the base, and is constituted, and a magnetic force sencor is formed in the magnetic-reluctance nature conductive layer. In case a magnetic field is detected, detection current is passed to this magnetic force sencor, and the electric resistance value change is taken out as voltage change of the ends of a magnetic force sencor by the external magnetic field which should be detected using the electric resistance value of a magnetic force sencor changing. [0005] In order to operate a magnetic-reluctance sensor the optimal as already known, it is necessary to impress a bias magnetic field to a magnetic force sencor so that the response to an external magnetic field may become linear. Generally the direction of this bias magnetic field is a direction [parallel to the magnetic-reluctance nature conductive layer of a magnetic force sencor and] perpendicular to the direction of detection current. As an effective method of impressing such a bias magnetic field, there is "soft-magnetism layer bias method" using the disclosure magnetic field from the soft-magnetism layer arranged by the nonmagnetic spacer layer by separating from a magnetic field detecting element as indicated by the U.S. Pat. No. 3,864,751 specification. [0006] The tantalum is indicated as a suitable material for a nonmagnetic spacer layer by the U.S. Pat. No. 4,663,685 specification. [0007] [Problem(s) to be Solved by the Invention] By the way, also in the magnetic-reluctance type head from which a high reproduction output is obtained compared with the electromagnetic-induction type magnetic head, in order to correspond to the advancement of future rapid recording density, it is thought that much more high increase in power is required. [0008] With a magnetic-reluctance type head, a reproduction output can be enlarged by enlarging the detection current

passed to a magnetic force sencor. However, shortly after enlarging detection current not much, a magnetic force sencor will fracture. Moreover, it has a bad influence on the life of a magnetoresistive head -- also with the detection current which is the grade which a magnetic field detecting element does not fracture immediately after energization, or time until it results [from an energization start] in fracture becomes short, magnetic field sensitivity falls with the increase in the resistance welding time. Therefore, with the conventional magnetic-reluctance type head, there is a problem that detection current cannot be increased so that it can respond to the advancement of future rapid recording density. [0009] Then, even if the purpose of this invention enlarges detection current, a possibility that a magnetic force sencor may fracture that magnetic field sensitivity cannot fall easily with the increase in the resistance welding time is to offer a few magnetic-reluctance sensor. [0010] Other purposes of this invention are to offer the magnetic head which can reproduce the information which the reproduction output higher than before was obtained, for example, was recorded by the high density which is about 600 megabits per 1 square inch with sufficient sensitivity. [0011] The purpose of further others of this invention is to have high reliability, for example, offer the magnetic storage in which informational record and reproduction are possible by about 600 megabits [per 1 square inch] high density. [0012] [Means for Solving the Problem] (1) The magnetic-reluctance nature conductive layer by which the magnetic-reluctance sensor of this invention was formed on the base, In the magnetic-reluctance sensor which is made to generate a bias magnetic field in a part of the magnetic-reluctance nature conductive layer [at least] and which has the bias layer formed on the aforementioned base It is characterized by being formed from the matter with the function which suppresses the electromigration phenomenon which the protective layer which adjoins the aforementioned magnetic-reluctance nature conductive layer, and protects the magnetic-reluctance nature conductive layer is formed, and the protective layer produces in the magnetic-reluctance nature conductive layer with energization. [0013] The aforementioned protective layer should just be the matter with the function which suppresses the electromigration phenomenon produced in the magnetic-reluctance nature conductive layer with energization. A compound with at least one sort of elements chosen from the 2nd group which consists of at least one sort of elements specifically chosen from the 1st group which consists of titanium, vanadium, chromium, a zirconium, molybdenum, niobium, a hafnium, a tantalum, and a tungsten, nitrogen and carbon, boron, and silicon is mentioned. [0014] What is necessary is just to let the quality of the material of the aforementioned protective layer be the compound of at least one sort of simple substance elements of the 1st group of the above, such as titanium and vanadium, and at least one sort of simple substance elements of the 2nd group of the above, i.e., the nitride of at least one sort of simple substance elements of the 1st group of the above, carbide, a boride, or a silicide. However, about the element of the 1st group of the above, you may use the alloy which consists of two sorts or three sorts or more of elements of the 1st group of the above, such as niobium, a tantalum and niobium, a zirconium and niobium, a tungsten and vanadium, chromium and vanadium, a zirconium and a tungsten, chromium and titanium, and a tantalum, for example. [0015] The same may be said of the element of the 2nd group of the above, and you may be the simple substance element of the 2nd group of the above, and may be the compound which consists of two sorts or three sorts or more of elements of the 2nd group of the above. [0016] When the aforementioned protective layer is formed with the compound of the alloy of the elements of the 1st group of the above, for example, ZrNb, TiV, TaCr, WNb

or WMo, and at least one sort of elements of the 2nd group of the above, these alloys have high specific resistance, and as a result of stopping low diverging to the aforementioned protective layer or bias layer of detection current, the advantage to which current efficiency becomes high is acquired. [0017] In order to obtain this effect of the invention, as for the aforementioned protective layer, it is desirable to be contacted and formed in the aforementioned magnetic-reluctance nature conductive layer. In this case, it is good to contact and arrange the aforementioned protective layer to the field of an opposite side with the aforementioned base of the aforementioned magnetic-reluctance nature conductive layer. [0018] Moreover, as for the aforementioned protective layer, it is desirable to have the function to isolate magnetically the aforementioned magnetic-reluctance nature conductive layer and the aforementioned bias layer. When it carries out like this, there is an advantage it becomes unnecessary to prepare a layer with this function separately. [0019] However, you may prepare separately the nonmagnetic spacer layer for suppressing the magnetic interaction which acts between the aforementioned magnetic-reluctance nature conductive layer and the aforementioned bias layer through the aforementioned protective layer. Since the magnetic interaction produced between the aforementioned magnetic-reluctance nature conductive layer and the aforementioned bias layer through the pinhole will be removed by suppression or completeness even if a pinhole arises in the aforementioned protective layer if it carries out like this, a good bias property is acquired. [0020] The aforementioned nonmagnetic spacer layer may be arranged between the aforementioned protective layer and the aforementioned bias layer, and may be arranged between the aforementioned magnetic-reluctance nature conductive layer and the aforementioned protective layer. [0021] The aforementioned base can be formed from nonmagnetic ceramic material, such as ZrO₂ and aluminum₂O₅-TiC, etc., and especially the composition and material are not limited. [0022] Especially if the aforementioned magnetic-reluctance nature conductive layer is a conductive layer which shows the magnetoresistance effect, it will not be limited, for example, it can use a nickel-Fe alloy and a NiFeCo alloy. [0023] The aforementioned bias layer will not be limited especially if it is the layer which generates a bias magnetic field in a part of aforementioned magnetic-reluctance nature conductive layer [at least]. Soft-magnetism thin films, such as NiFeNb using the conventional "soft-magnetism film bias method" described previously, are sufficient, and permanent magnet thin films, such as Co₇₀Cr₁₀Pt₂₀, are sufficient. [0024] (2) The magnetic head of this invention is characterized by having the magnetic-reluctance sensor of the above (1) as an object for information reproduction. [0025] (3) Magnetic storage of this invention is characterized by having the magnetic head of the above (2). [0026] In this magnetic storage, when making information recording density into 600 megabits or more per 1 square inch and mean time between failure makes information recording density 300 megabits or more per 1 square inch for 150,000 hours or more, mean time between failure becomes 300,000 hours or more. [0027] [Function] In the magnetic-reluctance sensor of this invention, the mechanism in which the fall of the magnetic field sensitivity of the magnetic force sencor of the aforementioned magnetic-reluctance nature conductive layer is suppressed by the aforementioned protective layer is presumed as follows. [0028] That is, when detection current is enlarged, time until a magnetic force sencor results in fracture becomes short because "electromigration" phenomenon which the atom of the matter which constitutes a magnetic force sencor moves in connection with electron flow, and is produced is accelerated with the increase in current value. If a magnetic-reluctance nature conductive layer is contacted

or a protective layer is formed through a spacer layer like this invention, since movement of this atom will be suppressed, it is hard coming to generate an electromigration phenomenon. [0029] Generally, it is thought that a magnetic-reluctance nature conductive layer can suppress effectively the electromigration phenomenon of a magnetic-reluctance nature conductive layer by preparing a protective layer since current density is larger than a bias layer. [0030] Moreover, since it does in this way and an electromigration phenomenon is suppressed, even if it energizes for a long time, it is hard coming to fracture a magnetic force sencor. [0031] In the magnetic head of this invention, since such a magnetic-reluctance sensor is used, a high reproduction output can be obtained by enlarging detection current. [0032] ** [in about 600 megabits / per 1 square inch / high density / be / possible / informational record and reproduction], for example since such the magnetic head is used in the magnetic storage of this invention -- it is Moreover, since the magnetic-head flying height from the front face of a magnetic-recording medium can be set up highly, the mean time between failure (Mean Time Between Failure: MTBF) of 150,000 hours or more is realizable by 600 megabits [per 1 square inch] high density. When recording density is made into 300 megabits per 1 square inch, mean time between failure of 300,000 hours or more can be realized. [0033] [Example] Hereafter, the example of this invention is explained, referring to an accompanying drawing. [0034] [1st example] drawing 1 shows the magnetic-reluctance sensor of the 1st example of this invention. By this magnetic-reluctance sensor, the magnetic-reluctance nature conductive layer 2 which produces the magnetoresistance effect which consists of a nickel-Fe alloy thin film (30nm in thickness) is formed on the aluminum₂O₅-base 1 of the tabular which consists of TiC, and the protective layer 3 which consists of an Zr-N compound thin film (20nm in thickness) is formed on the magnetic-reluctance nature conductive layer 2. On the protective layer 3, the bias layer 5 which generates a bias magnetic field to the magnetic force sencor 4 of the magnetic-reluctance nature conductive layer 2 and which consists of a NiFeNb soft-magnetism thin film (40nm in thickness) is formed. On the bias layer 5, the electrode 6 of a couple which consists of a Cu thin film (100nm in thickness) is formed, and between the electrodes 6 of these couples is set up as a magnetic force sencor 4. Detection current is supplied to the magnetic-reluctance nature conductive layer 2 through the bias layer 5 and a protective layer 3 from the electrode 6 of a couple. The output signal from the magnetic-reluctance nature conductive layer 2 is taken out from the electrode 6 of a couple outside through a protective layer 3 and the bias layer 5. [0035] In this example, since the protective layer 3 is contacted and formed in the field of an opposite side in the base 1 of the magnetic-reluctance nature conductive layer 2, the electromigration phenomenon of the magnetic-reluctance nature conductive layer 2 can be suppressed effectively. [0036] The protective layer 3 which consists of an Zr-N compound thin film plays not only protection of the magnetic-reluctance nature conductive layer 2 but a role of a nonmagnetic spacer layer for isolating magnetically the magnetic-reluctance nature conductive layer 2 and the bias layer 5. Therefore, in this example, there is an advantage which does not need to prepare a nonmagnetic spacer layer separately. [0037] The magnetic-reluctance sensor with the above composition is manufactured as follows. First, a nickel-Fe alloy thin film with a thickness [as a magnetic-reluctance nature conductive layer 2] of 30nm is formed by the DC magnetron-sputtering method on the base 1 of aluminum₂O₅-TiC. Next, nitrogen gas is introduced 50% into Ar spatter gas, and an Zr-N compound thin film with a thickness [as a protective layer 3] of 20nm is formed on a nickel-Fe alloy thin film by the reactant spatter.

Then, a NiFeNb soft-magnetism thin film with a thickness [as a bias layer 5] of 40nm and Cu thin film with a thickness [as an electrode 6 of a couple] of 100nm are formed in order on an Zr-N compound thin film by the DC magnetron-sputtering method. In this way, the magnetic-reluctance sensor of drawing 1 is obtained. [0038] The magnetic-reluctance sensor with the above composition was actually manufactured, it energized from the electrode 6 of a couple to this, and the change of magnetic field sensitivity (resistance rate of change per unit magnetic field) to the current density of this sensor was measured. Moreover, as an example of comparison, it replaced with the Zr-N compound of this example, the magnetic-reluctance sensor which formed the protective layer 5 by the well-known tantalum suitable as a nonmagnetic spacer layer was actually manufactured, and the change of magnetic field sensitivity to current density was measured on the same conditions. The result is shown in drawing 2 . In drawing 2 , a curve 7 is the thing of the sensor of this invention, and a curve 8 is the thing of the sensor of the example of comparison. [0039] Drawing 2 shows that it is possible to pass twice [about] as many big current as the example of comparison, without magnetic field sensitivity's not falling to high current density, therefore reducing magnetic field sensitivity compared with the magnetic-reluctance sensor of the example of comparison by the magnetic-reluctance sensor of this invention. From this result, it is understood by wearing one side of the magnetic-reluctance nature conductive layer 2 by the protective layer 3 that the fall of the magnetic field sensitivity accompanying energization can be suppressed. [0040] In addition, the permanent magnet film which replaces with a NiFeNb soft-magnetism thin film, and consists of Co70Cr10Pt20 as a bias layer 5 was formed, and others manufactured the magnetic-reluctance sensor considered as the same composition as the above. And when the magnetic field sensitivity to current density was measured, the same result as the above was obtained. [0041] [2nd example] drawing 3 shows the magnetic-reluctance sensor of the 2nd example of this invention. The 2nd example solves the following difficulties in the 1st example. [0042] In the 1st example, the protective layer 3 which consists of an Zr-N compound thin film has also played the role of the nonmagnetic spacer layer which isolates magnetically the magnetic-reluctance nature conductive layer 2 and the bias layer 5. However, there is a difficulty of being easy to produce a pinhole defect compared with metal thin films, such as a tantalum, in the Zr-N compound thin film as a nonmagnetic spacer layer. If a pinhole defect occurs, in order that the magnetic-reluctance nature conductive layer 2 and the bias layer 5 may carry out magnetic combination directly through the pinhole of an Zr-N compound thin film, a good bias property is no longer acquired. This phenomenon becomes remarkable especially, when the thickness of an Zr-N compound thin film is 20nm or less. According to this 2nd example, this problem is solved. [0043] By the magnetic-reluctance sensor of the 2nd example, as shown in drawing 3 , the electrode 6 of a couple which consists of a Cu thin film (40nm in thickness) is directly formed on the base 1 which consists of ZrO₂, and between the electrodes 6 of these couples is used as the magnetic force sencor 4. The magnetic-reluctance nature conductive layer 2 which consists of a magnetic artificial grid thin film which carried out the 30-layer laminating of a NiFeCo alloy layer (1.5nm in thickness), and the Cu layer (2nm in thickness) by turns, respectively, and constituted them on the electrode 6 of a couple, The protective layer 3 which consists of the same Zr-N compound thin film (10nm in thickness) as the 1st example, the nonmagnetic spacer layer 9 which consists of a tantalum thin film (5nm in thickness), and the magnetic-film bias layer 5 which consists of the same NiFeNb soft-magnetism thin film (40nm in thickness) as the 1st

example are formed in order. [0044] The magnetic-reluctance sensor with such composition is manufactured almost like the 1st example. First, on a base 1, by the DC magnetron-sputtering method, Cu thin film with a thickness of 40nm is formed as an electrode 6 of a couple, and on it, the magnetic artificial grid film which comes to arrange a NiFeCo alloy layer with a thickness of 1.5nm and 30 layers of Cu layers with a thickness of 2nm by turns, respectively is formed, and it considers as the magnetic-reluctance nature conductive layer 2. [0045] Next, an Zr-N compound thin film with a thickness [as a protective layer 3] of 10nm is formed on the magnetic-reluctance nature conductive layer 2 by the same reactant sputter of conditions as the 1st example. Then, by the DC magnetron-sputtering method, a tantalum thin film with a thickness [as a nonmagnetic spacer layer 9] of 5nm is formed on the Zr-N compound thin film, and a NiFeNb soft-magnetism thin film with a thickness [as a soft-magnetism film bias layer 5] of 40nm is further formed on it. In this way, the magnetic-reluctance sensor of drawing 3 is obtained. [0046] This magnetic-reluctance sensor was actually manufactured and the change of magnetic field sensitivity to the increase in current density was measured like the 1st example. Moreover, it replaced with the nonmagnetic spacer layer 9 which consists of a protective layer 3 which consists of an Zr-N compound thin film of this example, and a tantalum thin film as an example of comparison, the magnetic-reluctance sensor which formed the tantalum thin film (15nm in thickness) as a nonmagnetic spacer layer was actually manufactured, and the change of magnetic field sensitivity to current density was measured on the same conditions. [0047] Consequently, it was possible to have passed about 1.8 times as many big current as this by the magnetic-reluctance sensor of this 2nd example in the range to which magnetic field sensitivity does not fall compared with the magnetic-reluctance sensor of the example of comparison. Moreover, since the nonmagnetic spacer layer 9 of a tantalum was formed, in spite of having made thin thickness of a protective layer 3 it is thin from an Zr-N compound thin film with 10nm, degradation of the bias property resulting from a pinhole defect was not seen. [0048] In addition, as a bias layer 5, it replaced with the NiFeNb soft-magnetism thin film, and the Co70Cr10Pt20 permanent-magnet film was formed, and when others manufactured the magnetic-reluctance sensor considered as the same composition as the above and the magnetic field sensitivity to current density was measured, the same result as the above was obtained. [0049] [3rd example] drawing 4 shows the magnetic-reluctance sensor of the 3rd example of this invention. The 3rd example is equivalent to what replaced the position of the protective layer 3 in the 2nd example, and the nonmagnetic spacer layer 9. Also in this 3rd example, the same result as the magnetic-reluctance sensor of the 2nd example was obtained. [0050] Moreover, as a bias layer 5, it replaced with the NiFeNb soft-magnetism thin film, and the Co70Cr10Pt20 permanent-magnet film was formed, and the same result was obtained, when others manufactured the magnetic-reluctance sensor considered as the same composition as the above and the magnetic field sensitivity to current density was measured. [0051] [4th example] drawing 5 shows one example of the magnetic head of this invention. This magnetic head is constituted using the magnetic-reluctance sensor of the 1st example of the above, and is used as the so-called rec/play separate-type head which prepared the electromagnetic-induction type head separately as an object for information record, using this magnetic-reluctance sensor as an object for information reproduction. [0052] In drawing 5 , the base 17 for sliders is formed from the sintering object which makes aluminum2O3-TiC a principal component. On the base 17 for sliders, the magnetic-shielding layers 12 and 13 of a couple which consist of a NiFe alloy film

with a thickness of 1 micrometer are formed, and the magnetic-reluctance sensor 11 is arranged among these magnetic-shielding layers 12 and 13. Current is supplied to the magnetic-reluctance sensor 11 through the electrode 6 of a couple. The record magnetic poles 15 and 16 of a couple which approach the magnetic-shielding layer 13 and consist of a NiFe alloy film with a thickness of 3 micrometers are formed in the base 17 and opposite side of the magnetic-shielding layer 13, and the coil 14 which consists of a Cu thin film with a thickness of 3 micrometers is arranged among these record magnetic poles 15 and 16. [0053] Between the magnetic-shielding layers 12 and 13 of a couple, and the magnetic-reluctance sensor 11, the gap layer (illustration ellipsis) of aluminum 2O3 with a thickness of 0.2 micrometers is formed, respectively, and the gap layer (illustration ellipsis) of aluminum 2O3 with a thickness of 0.4 micrometers is formed among the record magnetic poles 15 and 16 of a couple. Moreover, between the magnetic-shielding layer 13 and the record magnetic pole 15, the gap layer (illustration ellipsis) of aluminum 2O3 with a thickness of about 4 micrometers is formed, and the interval of the reproducing-head section and the recording head section is set as about 4 micrometers by this gap layer. [0054] The portion into which the magnetic-reluctance sensor 11 of the 1st example of the above was inserted in the magnetic-shielding layers 12 and 13 of a couple constitutes the reproducing-head section, and the record magnetic poles 15 and 16 of the couple which sandwiches a coil 14 and its coil 14 constitute the recording head section. [0055] The magnetic head with the above composition can be easily manufactured by forming 2Oaluminum3 film which constitutes the NiFe alloy film which constitutes the magnetic-shielding layers 12 and 13 and the record magnetic poles 15 and 16, Cu thin film which constitutes a coil 14, and a gap layer using a well-known spatter. [0056] This magnetic head was actually manufactured, it energized in the magnetic-reluctance sensor 11, and the change of magnetic field sensitivity to current density was investigated. Moreover, using the magnetic-reluctance sensor manufactured as an example of comparison in the 1st example, i.e., the thing which replaced with the Zr-N compound thin film as a protective layer 5, and prepared the tantalum layer, the magnetic head of the same composition as this was actually manufactured, and the change of magnetic field sensitivity to current density was measured on the same conditions. [0057] Consequently, it was possible to have passed about 1.5 times bigger current in the range to which magnetic field sensitivity does not fall compared with the magnetic head which used the magnetic-reluctance sensor of the example of comparison by the magnetic head of this invention using the magnetic-reluctance sensor 11 of the 1st example. This means that the detection current supplied to the magnetic-reluctance sensor 11 of the reproducing-head section can be set as a value big about 50 percent. [0058] Then, when informational record and reproduction were performed by 600 megabits [per 1 square inch] high density to the disk-like magnetic-recording medium equipped with the CoCrPt thin film as a record layer, compared with the magnetic head using the magnetic-reluctance sensor of the example of comparison, the reproduction output big about 50 percent was obtained. [0059] [5th example] drawing 6 shows one example of the magnetic storage of this invention. This magnetic storage is equipped with the disk-like magnetic-recording medium 18 with the record film which consists of ferromagnetic thin films, such as CoCrTa and CoCrPt. The rotation drive of these magnetic-recording medium 18 is carried out by the mechanical component 19. As the magnetic head 20, the rec/play separate-type magnetic head of the 4th example of the above is used. The number of the magnetic heads 20 is set up according to the number of the magnetic-recording media 18. For example, when 1-9 magnetic-recording media

18 are held, the 2-18 magnetic heads 20 are incorporated. The magnetic head 20 is driven and controlled by driving means 21. In addition, 22 is record and a regenerative-signal processor. [0060] Magnetic storage with the above composition was actually manufactured, informational storage and reproduction were performed to the magnetic-recording medium 18, and information-storage capacity was investigated. It combined, magnetic storage was actually manufactured using the magnetic head of the example of comparison stated in the 4th example of the above, and same investigation was conducted. Consequently, in the information storage device of this invention, it turns out that the information-storage capacity of 1.4 times or more is obtained compared with the information storage device of the example of comparison. [0061] moreover -- if the flying height from magnetic-recording medium 18 front face of the magnetic head 20 is set as 80nm as a magnetic-recording medium 18 using a thing with the record film of the three-tiered structure which comes to carry out the laminating of the CoCrPt magnetic thin film (10nm in thickness) of two sheets in between on both sides of a nonmagnetic Cr alloy thin film (5nm in thickness) -- 600 megabits [per 1 square inch] high density -- and it was able to have high reliability, and information was able to be recorded and reproduced And the life of magnetic storage was extended and the mean time between failure (MTBF) of 150,000 hours was attained. [0062] When information recording density was set as 300 megabits per 1 square inch using the magnetic-recording medium 18 with the record film of the same three-tiered structure as this, the flying height of the magnetic head 20 was able to be set as 110nm, record and reproduction of could be done, and the mean time between failure of 300,000 hours has been attained. [0063] [Effect of the Invention] According to the magnetic-reluctance sensor of this invention, as explained above, even if it enlarges detection current, magnetic field sensitivity cannot fall easily with the increase in the resistance welding time, and it is hard to produce fracture of a magnetic force sencor. For this reason, detection current can be enlarged compared with the conventional magnetic-reluctance sensor, without shortening a life. [0064] According to the magnetic head of this invention, it is possible to reproduce the information which the reproduction output higher than before was obtained, for example, was recorded by the high density which is about 600 megabits per 1 square inch with sufficient sensitivty. [0065] According to the magnetic storage of this invention, it has high reliability, for example, informational record and reproduction are possible at about 600 megabits [per 1 square inch] high density, and, moreover, the longevity life of 150,000 hours or more in mean time between failure is obtained in that case.

CLAIMS

[Claim(s)] [Claim 1] The magnetic-reluctance nature conductive layer formed on the base. The bias layer which generates a bias magnetic field in a part of the magnetic-reluctance nature conductive layer [at least] and which was formed on the aforementioned base. It is the magnetic-reluctance sensor equipped with the above, and is characterized by being formed from the matter with the function which suppresses the electromigration phenomenon which the protective layer which adjoins the aforementioned magnetic-reluctance nature conductive layer, and protects the magnetic-reluctance nature conductive layer is formed, and the protective layer produces in the magnetic-reluctance nature conductive layer with energization. [Claim 2] The magnetic-reluctance sensor according to claim 1 which consists of the compound with at least

one sort of elements chosen from the 2nd group to which the aforementioned protective layer changes from at least one sort of elements chosen from the 1st group which consists of titanium, vanadium, chromium, a zirconium, molybdenum, niobium, a hafnium, a tantalum, and a tungsten, nitrogen and carbon, boron, and silicon. [Claim 3] The magnetic-reluctance sensor according to claim 2 by which the aforementioned protective layer consists of the compound with at least one sort of elements chosen from the alloy and the 2nd group of the above of elements of the 1st group of the above. [Claim 4] The magnetic-reluctance sensor according to claim 1 to 3 by which the aforementioned protective layer is contacted and formed in the field of an opposite side with the aforementioned base of the aforementioned magnetic-reluctance nature conductive layer. [Claim 5] The magnetic-reluctance sensor according to claim 1 to 4 by which the aforementioned protective layer has the function to isolate magnetically the aforementioned magnetic-reluctance nature conductive layer and the aforementioned bias layer. [Claim 6] A magnetic-reluctance sensor [equipped with the nonmagnetic spacer layer for suppressing the magnetic interaction which acts between the aforementioned magnetic-reluctance nature conductive layer and the aforementioned bias layer through the aforementioned protective layer] according to claim 1 to 5. [Claim 7] The magnetic-reluctance sensor according to claim 6 by which the aforementioned nonmagnetic spacer layer is arranged between the aforementioned protective layer and the aforementioned bias layer. [Claim 8] The magnetic-reluctance sensor according to claim 6 by which the aforementioned nonmagnetic spacer layer is arranged between the aforementioned magnetic-reluctance nature conductive layer and the aforementioned protective layer. [Claim 9] The magnetic-reluctance sensor according to claim 1 to 8 whose aforementioned bias layer is a soft-magnetism layer contacted and formed in the aforementioned protective layer. [Claim 10] The magnetic-reluctance sensor according to claim 1 to 8 whose aforementioned bias layer is a permanent magnet layer contacted and formed in the aforementioned protective layer. [Claim 11] The magnetic head characterized by having the magnetic-reluctance sensor according to claim 1 to 10 as an object for information reproduction. [Claim 12] Magnetic storage characterized by having the magnetic head according to claim 11. [Claim 13] Magnetic storage according to claim 12 whose mean time between failure information recording density is 150,000 hours or more in 600 megabits or more per 1 square inch. [Claim 14] Magnetic storage according to claim 12 whose mean time between failure information recording density is 300,000 hours or more in 300 megabits or more per 1 square inch.

[Translation done.]